

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-004447

(43)Date of publication of application : 12.01.2001

(51)Int.Cl.

G01J 3/18

G02B 5/18

(21)Application number : 11-176646

(71)Applicant : YOKOGAWA ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 23.06.1999

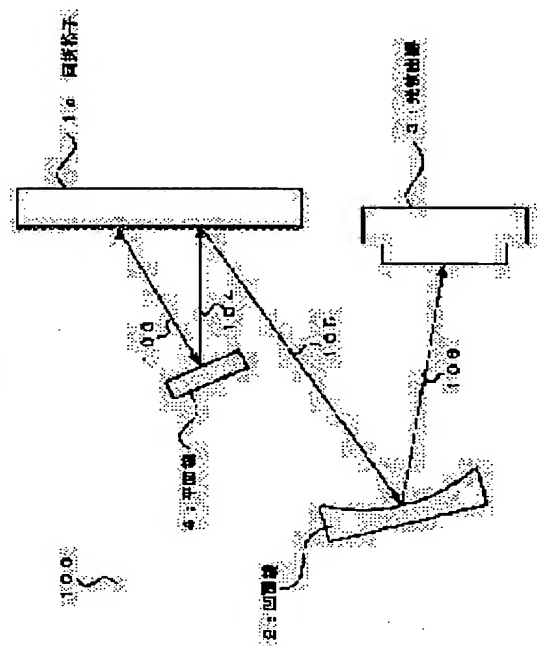
(72)Inventor : KOMIYAMA MAKOTO

## (54) SPECTROMETER

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a spectrometer in which wavelength resolution is enhanced while reducing the size by diffracting incident light on a diffraction grating, reflecting it again on the diffraction grating and detecting the converged rediffracted light.

**SOLUTION:** Incident light 100 impinges on a diffraction grating 1a and diffracted light 103 impinges on a plane mirror 4. Reflected light 104 from the plane mirror 4 impinges again on the diffraction grating 1a. Rediffracted light 105 from the diffraction grating 1a is directed toward a concave mirror 2 and condensed to produce converged light 106 impinging on a detector 3. The converged light 106 is detected by each light receiving element constituting the photodetector 3 and the wavelength characteristic of the incident light 100 is determined based on the detection output from each light receiving element. Wavelength resolution is enhanced while reducing the size by providing a reflecting means, i.e., the plane mirror 4, for reflecting the diffracted light 103 toward the diffraction grating 1a thereby rediffracting the diffracted light 103.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

09.08.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-4447

(P2001-4447A)

(43) 公開日 平成13年1月12日 (2001. 1. 12)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ターム(参考)
G 0 1 J	3/18	G 0 1 J	2 G 0 2 0
G 0 2 B	5/18	G 0 2 B	2 H 0 4 9

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平11-176646

(22) 出願日 平成11年6月23日 (1999. 6. 23)

(71) 出願人 000006507

横河電機株式会社

東京都武蔵野市中町2丁目9番32号

(72) 発明者 小宮山 誠

東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河

電機株式会社内

F ターム(参考) 20020 AA03 CB42 CC12 CC63 CD15

CD24

2H049 AA07 AA51 AA58 AA64 BA06

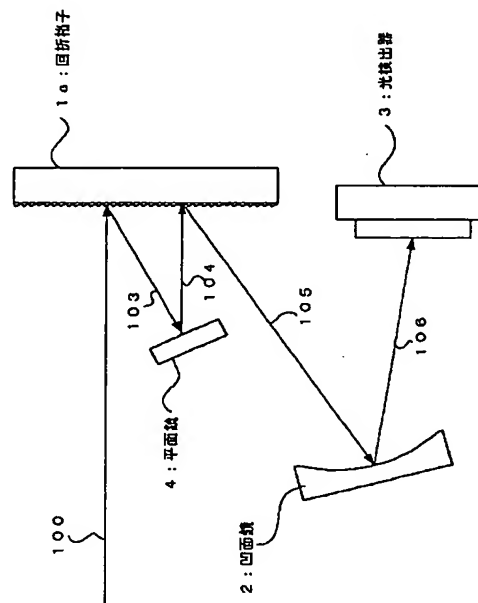
BC23

(54) 発明の名称 分光器

(57) 要約

【課題】 小型で波長分解能の向上が可能な分光器を実現する。

【解決手段】 アレイ型の光検出器を用いた分光器において、入射光を回折させる回折格子と、この回折格子からの回折光を回折格子に反射させる反射手段と、この反射手段からの反射光が回折格子で再び回折した回折光を集光する凹面鏡と、この凹面鏡からの収束光を検出する光検出器とを設ける。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】アレイ型の光検出器を用いた分光器において、

入射光を回折させる回折格子と、

この回折格子からの回折光を前記回折格子に反射させる反射手段と、

この反射手段からの反射光が前記回折格子で再び回折した回折光を集光する凹面鏡と、

この凹面鏡からの収束光を検出する光検出器とを備えたことを特徴とする分光器。

【請求項2】アレイ型の光検出器を用いた分光器において、

入射光を回折させる回折格子と、

この回折格子からの回折光を前記回折格子に反射させる第1の反射手段と、

この第1の反射手段からの反射光が前記回折格子で再び回折した回折光を前記回折格子に反射させる第2の反射手段と、

この第2の反射手段からの反射光が前記回折格子で更に回折した回折光を集光する凹面鏡と、

この凹面鏡からの収束光を検出する光検出器とを備えたことを特徴とする分光器。

【請求項3】アレイ型の光検出器を用いた分光器において、

入射光を回折させる回折格子と、

この回折格子からの回折光を前記回折格子に反射させ、

この反射光が前記回折格子で再び回折した回折光を前記回折格子に再び反射させる反射手段と、

この反射手段からの前記再び反射された反射光が前記回折格子で更に回折した回折光を集光する凹面鏡と、

この凹面鏡からの収束光を検出する光検出器とを備えたことを特徴とする分光器。

【請求項4】前記反射手段が、平面鏡であることを特徴とする請求項1乃至請求項3記載の分光器。

【請求項5】前記反射手段が、プリズムの反射を利用したことを特徴とする請求項1乃至請求項3記載の分光器。

【請求項6】前記反射光の偏光方向を回転させることを特徴とする請求項1乃至請求項3記載の分光器。

【請求項7】前記反射光の偏光方向を偏光子を用いて回転させることを特徴とする請求項6記載の分光器。

【請求項8】前記偏光子が、1/2波長板であることを特徴とする請求項7記載の分光器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、アレイ型の光検出器を用いた分光器に関し、特に小型で波長分解能の高い分光器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来のアレイ型の光検出器を用いた分光器は、入射光を回折格子で回折させ、波長毎に分離されたこの回折光をアレイ型の光検出器の個々の受光素子で受光することにより入射光の分光を行う。

【0003】図7はこのような従来の分光器の一例を示す構成ブロック図である。図7において1は回折格子、2は凹面鏡、3は光検出器、100は入射光、101は回折光、102は収束光である。

10 【0004】入射光100は回折格子1に入射され、回折格子1で回折した回折光101は凹面鏡2に入射される。凹面鏡2に入射された回折光101は集光され収束光102として光検出器3に入射される。

【0005】ここで、図7に示す従来例の動作を説明する。入射光100は回折格子1によりその波長毎に異なる回折角で回折されて回折光101として出射される。それぞれの波長に対応する回折光101は凹面鏡2で反射されると共に集光され収束光102として光検出器3に入射される。

20 【0006】入射光100の波長により回折角が異なるので光検出器3に入射される収束光102の集光位置もその波長によって異なることになる。一方、アレイ型の光検出器3はフォトダイオード等の複数の受光素子がアレイ状に配置されているので各受光素子の検出出力を求めることにより入射光100の波長特性を得ることができる。

【0007】この結果、入射光100を回折させてそれぞれの回折光を光検出器3を構成する個々の受光素子で検出することにより、入射光100の波長特性を得ることができる。

30 【0008】一方、図7に示すような従来例において分光器の波長分解能を向上させようとした場合、光検出器3の受光素子の間隔は固定であるので光路長を長くする必要があった。

【0009】ここで、回折格子1の溝のピッチを" $d$ "、入射光100の入射角を" $\alpha$ "、回折光の回折角を" $\beta$ "、入射光100の波長を" $\lambda$ "とした場合、
$$d \times (\sin \alpha + \sin \beta) = \lambda \quad (1)$$

なる関係式が成立つ。

40 【0010】例えば、回折格子1のピッチを" $d = 1.2 \mu\text{m}$ "、波長を" $\lambda = 1000 \sim 1001 \text{ nm}$ "、入射角を" $\alpha = 0^\circ$ "とした場合には、図8に示すような波長と回折角との関係を示す表が成立つ。

【0011】図8中に示すような" $1 \text{ nm}$ "の波長変化を受光素子が" $0.1 \text{ mm}$ "ピッチの光検出器3の1つの受光素子で受光する場合には" $\lambda = 1000 \text{ nm}$ "と" $\lambda = 1001 \text{ nm}$ "との間の角度差は" $0.086^\circ$ "であるので、光路長としては" $0.086^\circ$ "の角度差で" $0.1 \text{ mm}$ "ずれる必要がある。このような条件を満たすためには回折格子1から光検出器3までの光

路長が“約66.6mm”である必要がある。

【0012】この状態から波長分解能を2倍に向上させようとした場合、“0.5nm”の波長変化が“0.1mm”ピッチの光検出器3の1つの受光素子で受光しなければならない。この場合、光路長としては“0.043°”の角度差で“0.1mm”ずれる必要があり、この時の回折格子1から光検出器3までの光路長は“約133.2mm”となる。

【0013】図9はこのように光路長を長くして波長分解能を向上させた従来の分光器の一例を示す構成ブロック図であり、1～3及び100は図7と同一符号を付してある。図9において101aは回折光、102aは収束光である。

【0014】図9に示すように凹面鏡2の位置をずらして収束光102aの伝播距離、言い換えれば、光路長を長くすることにより、波長分解能を向上させることが可能になる。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】しかし、図9に示す従来例では光路長を稼ぐために凹面鏡2を光検出器3から遠ざけなければならないので分光器が大型化してまうと言った問題点があった。

【0016】逆に言うと、分光器を小型化しようとした場合には波長分解能が悪化してしまうと言った問題点があった。すなわち、小型化と波長分解能向上とはトレードオフの関係にあった。従って本発明が解決しようとする課題は、小型で波長分解能の向上が可能な分光器を実現することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】このような課題を達成するために、本発明のうち請求項1記載の発明は、アレイ型の光検出器を用いた分光器において、入射光を回折させる回折格子と、この回折格子からの回折光を前記回折格子に反射させる反射手段と、この反射手段からの反射光が前記回折格子で再び回折した回折光を集光する凹面鏡と、この凹面鏡からの収束光を検出する光検出器とを備えたことにより、波長分解能が向上すると共に小型化が可能になる。

【0018】請求項2記載の発明は、アレイ型の光検出器を用いた分光器において、入射光を回折させる回折格子と、この回折格子からの回折光を前記回折格子に反射させる第1の反射手段と、この第1の反射手段からの反射光が前記回折格子で再び回折した回折光を前記回折格子に反射させる第2の反射手段と、この第2の反射手段からの反射光が前記回折格子で更に回折した回折光を集光する凹面鏡と、この凹面鏡からの収束光を検出する光検出器とを備えたことにより、波長分解能が向上すると共に小型化が可能になる。

【0019】請求項3記載の発明は、アレイ型の光検出器を用いた分光器において、入射光を回折させる回折格

子と、この回折格子からの回折光を前記回折格子に反射させ、この反射光が前記回折格子で再び回折した回折光を前記回折格子に再び反射させる反射手段と、この反射手段からの前記再び反射された反射光が前記回折格子で更に回折した回折光を集光する凹面鏡と、この凹面鏡からの収束光を検出する光検出器とを備えたことにより、波長分解能が向上すると共に小型化が可能になる。

【0020】請求項4記載の発明は、請求項1乃至請求項3記載の発明である分光器において、前記反射手段が、平面鏡であることにより、波長分解能が向上すると共に小型化が可能になる。

【0021】請求項5記載の発明は、請求項1乃至請求項3記載の発明である分光器において、前記反射手段が、プリズムの反射を利用したことにより、波長分解能が向上すると共に小型化が可能になる。

【0022】請求項6記載の発明は、請求項1乃至請求項3記載の発明である分光器において、前記反射光の偏光方向を回転させることにより、回折格子の回折効率の偏光方向依存性を低減することが可能になる。

【0023】請求項7記載の発明は、請求項6記載の発明である分光器において、前記反射光の偏光方向を偏光子を用いて回転させることにより、回折格子の回折効率の偏光方向依存性を低減することが可能になる。

【0024】請求項8記載の発明は、請求項7記載の発明である分光器において、前記偏光子が、1/2波長板であることにより、偏光方向が90°回転して回折格子の回折効率の偏光方向依存性を低減することが可能になる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下本発明を図面を用いて詳細に説明する。図1は本発明に係る分光器の一実施例を示す構成ブロック図である。図1において2、3及び100は図8と同一符号を付してあり、1aは回折格子、4は反射手段である平面鏡、103及び105は回折光、104は反射光、106は収束光である。

【0026】入射光100は回折格子1aに入射され、回折格子1aで回折した回折光103は平面鏡4に入射される。平面鏡4に入射された回折光103は反射され反射光104として再び回折格子1aに入射される。

【0027】回折格子1aで再び回折した回折光105は凹面鏡2に入射される。凹面鏡2に入射された回折光105は集光され収束光106として光検出器3に入射される。

【0028】ここで、図1に示す実施例の動作を図2及び図3を用いて説明する。図2及び図3は各波長の回折光の回折角の状態を示す説明図であり、図2及び図3中の符号は図1と同一符号を付してある。

【0029】図2に示すように入射角“0°”で入射された入射光100が回折され、その回折光103が平面鏡4により再び入射角“0°”で回折格子1aに入射さ

ればその回折光105の回折角は回折光103の回折角と等しくなる。

【0030】すなわち、図2中“AG01”に示す回折光103の回折角と、図2中“AG02”に示す回折光105の回折角とは等しくなる。

【0031】例えば、前述の図9を用いて波長が“ $\lambda = 1000.0 \text{ nm}$ ”の場合を考えれば回折光103及び105の回折角は“ $56.443^\circ$ ”となる。

【0032】一方、図3に示すように反射光104が入射角“ $0^\circ$ ”で入射されない場合には図3中“AG1”に示す回折光103の回折角と、図3中“AG1”に示す回折光105の回折角とはそれぞれ異なる値となる。

【0033】例えば、同様に前述の図9を用いて波長が“ $\lambda = 1000.5 \text{ nm}$ ”の場合を考えれば回折光103の回折角は“ $56.486^\circ$ ”となるものの、反射光104の入射角は“ $0^\circ$ ”ではなく“ $-0.043^\circ$ ”となる。

【0034】この反射光104が再び回折格子1aで回折された場合、回折光105の回折角は“ $56.564^\circ$ ”となる。このため、“ $0.5 \text{ nm}$ ”の波長変化が角度差“ $0.121^\circ$ ”（ $= 56.564 - 56.443$ ）となり、図8に示す従来例の場合の角度差“ $0.043^\circ$ ”（ $= 56.486 - 56.443$ ）と比較して約3倍になる。

【0035】このような“ $0.5 \text{ nm}$ ”の波長変化を受光素子が“ $0.1 \text{ mm}$ ”ピッチの光検出器3の1つの受光素子で受光する場合には“ $\lambda = 1000 \text{ nm}$ ”と“ $\lambda = 1001 \text{ nm}$ ”との間の角度差は“ $0.121^\circ$ ”であるので、光路長としては“ $0.121^\circ$ ”の角度差で“ $0.1 \text{ mm}$ ”ずれる必要がある。このような条件を満たすためには回折格子1aから光検出器3までの光路長が“約47.4 mm”であればよい。

【0036】すなわち、図8に示す従来例と比較して波長分解能を2倍にすると共に光路長を“約47.4 mm”に短縮できるので、小型で波長分解能が向上したことになる。

【0037】この結果、反射手段である平面鏡4により回折光103を再び回折格子1aに入射して再び回折させることにより、波長分解能が向上すると共に小型化が可能になる。

【0038】なお、図1に示す実施例においては反射手段である平面鏡4を1つ用いて1回だけ再回折させているが、複数個の反射手段を用いて複数回反射させて再回折させても構わない。

【0039】図4はこのような反射手段を2つ用いた場合の実施例を示す構成ブロック図である。図4において1a、2、3及び100は図1と同一符号を付してあり、4a及び4bは反射手段である平面鏡、103a、103b及び105aは回折格子1aからの各回折光、

104a及び104bは平面鏡4a及び4bからの反射光、106aは凹面鏡2からの収束光である。

【0040】入射光100は回折格子1aに入射され、回折格子1aで回折した回折光103aは平面鏡4aに入射される。平面鏡4aに入射された回折光103aは反射され反射光104aとして再び回折格子1aに入射される。

【0041】反射光104aは回折格子1aに入射され、回折格子1aで回折した回折光103bは平面鏡4bに入射される。平面鏡4bに入射された回折光103bは反射され反射光104bとして更に回折格子1aに入射される。

【0042】回折格子1aで更に回折した回折光105aは凹面鏡2に入射される。凹面鏡2に入射された回折光105aは集光され収束光106aとして光検出器3に入射される。

【0043】ここで、図4に示す実施例は基本的に図1に示す実施例の動作と同様の動作となり、入射光100の波長変化に対する回折光の角度差が大きくなるので波長分解能が向上し、小型化が可能になる。

【0044】この結果、複数個の反射手段により回折光103を複数回回折格子1aに反射して再び回折させることにより、波長分解能が向上すると共に小型化が可能になる。

【0045】また、図4に示す実施例においては複数個の反射手段を用いて複数回反射させて再回折させているが、1つの反射手段で複数回の反射を行っても構わない。

【0046】図5はこのような1つの反射手段を用い複数回の反射を行う場合の実施例を示す構成ブロック図である。図5において1a、2、3及び100は図1と同一符号を付してあり、4cは反射手段である平面鏡、103c、103c及び105bは回折格子1aからの各回折光、104c及び104dは平面鏡4cからの反射光、106bは凹面鏡2からの収束光である。

【0047】入射光100は回折格子1aに入射され、回折格子1aで回折した回折光103cは平面鏡4cに入射される。平面鏡4cに入射された回折光103cは反射され反射光104cとして再び回折格子1aに入射される。

【0048】反射光104cは回折格子1aに入射され、回折格子1aで回折した回折光103dは再び平面鏡4cに入射される。平面鏡4cに入射された回折光103dは反射され反射光104dとして更に回折格子1aに入射される。

【0049】回折格子1aで更に回折した回折光105bは凹面鏡2に入射される。凹面鏡2に入射された回折光105bは集光され収束光106bとして光検出器3に入射される。

【0050】ここで、図5に示す実施例も基本的に図1

に示す実施例の動作と同様の動作となり、入射光100の波長変化に対する回折光の角度差が大きくなるので波長分解能が向上し、小型化が可能になる。

【0051】この結果、1個の反射手段により回折光103を複数回折格子1aに反射して再び回折させることにより、波長分解能が向上すると共に小型化が可能になる。

【0052】また、図1等においては反射手段とし平面鏡を例示したが、勿論、これに限定される訳ではなくプリズムの反射を利用したものであっても良い。

【0053】また、再び回折格子に入射される反射光の偏光方向を回転させることにより、回折格子の回折効率の偏光方向依存性を低減することが可能になる。

【0054】図6はこのような反射光の偏光方向を回転させる場合の実施例を示す構成ブロック図である。図6において1a、2、3、4、100及び103～106は図1と同一符号を付してあり、5は偏光子である。

【0055】また、基本的は光学系の位置関係もまた図1に示す実施例と同様であり異なる点は、図6においては回折光103の光路に偏光子5が挿入された点である。

【0056】このように、偏光子5を設けることにより、回折格子1aに再び入射される光の偏光方向が回転するので回折格子の回折効率の偏光方向依存性を低減することが可能になる。

【0057】また、偏光子としては“1/2波長板”を偏光方向を“90°”回転させることになる。

【0058】

【発明の効果】以上説明したことから明らかなように、本発明によれば次のような効果がある。請求項1乃至請求項5の発明によれば、反射手段により回折光を再び回折格子に入射して再び回折させることにより、波長分解能が向上すると共に小型化が可能になる。

【0059】また、請求項6乃至請求項8の発明によれば\*

\*ば、再び回折格子に入射される反射光の偏光方向を回転させることにより、回折格子の回折効率の偏光方向依存性を低減することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る分光器の一実施例を示す構成ブロック図である。

【図2】各波長の回折光の回折角の状態を示す説明図である。

【図3】各波長の回折光の回折角の状態を示す説明図である。

【図4】反射手段を2つ用いた場合の実施例を示す構成ブロック図である。

【図5】1つの反射手段を用い複数回の反射を行う場合の実施例を示す構成ブロック図である。

【図6】反射光の偏光方向を回転させる場合の実施例を示す構成ブロック図である。

【図7】従来の分光器の一例を示す構成ブロック図である。

【図8】波長と回折角との関係を示す表である。

【図9】光路長を長くして波長分解能を向上させた従来の分光器の一例を示す構成ブロック図である。

【符号の説明】

1、1a 回折格子

2 凹面鏡

3 光検出器

4、4a、4b、4c 平面鏡

5 偏光子

100 入射光

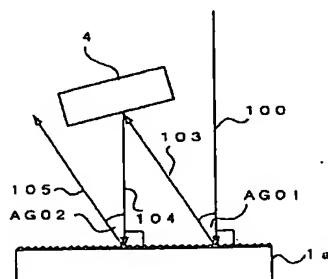
101、101a、103、103a、103b、10

3c、103d、105、105a、105b 回折光

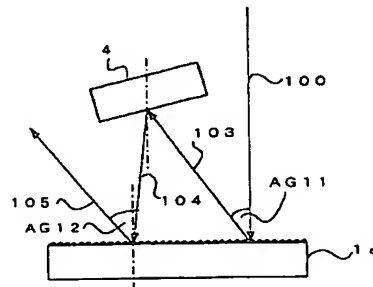
102、102a、106、106a、106b 収束光

104、104a、104b、104c、104d 反射光

【図2】



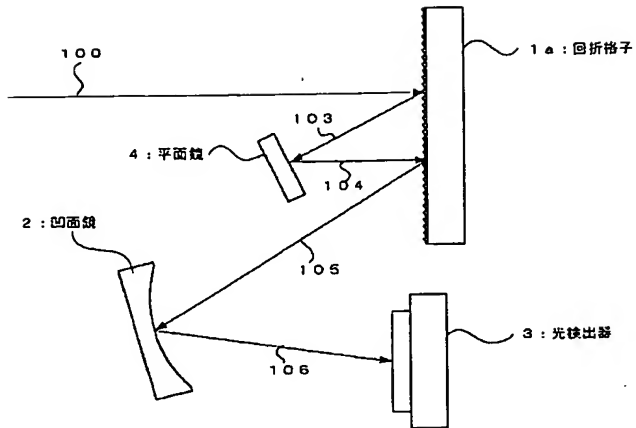
【図3】



(6)

特開2001-4447

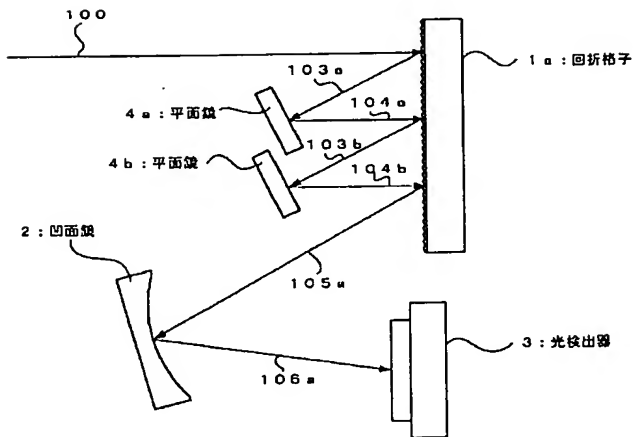
【図1】



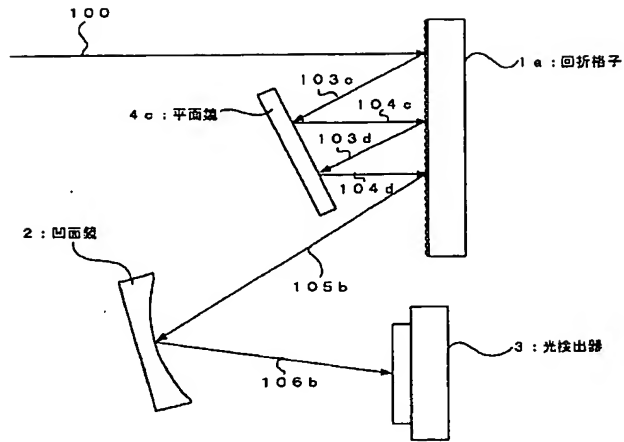
【図8】

波長 (nm)	回折角 (°)
1000.0	56.443
1000.5	56.486
1001.0	56.529

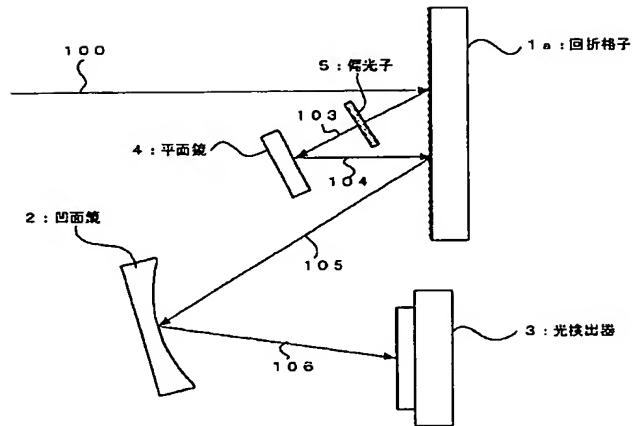
【図4】



【図5】

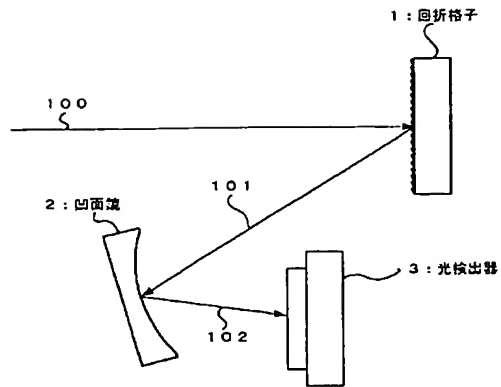


【図6】





【図7】



【図9】

